

Implementasi Sistem Penentuan Posisi Menggunakan Visible Light Communication Pada Purwarupa Robot Mobil Untuk Smart Warehouse

Implementation of Positioning System Using Visible Light Communication On a Prototype Robot Car for Smart Warehouse

Pelita Santi¹, Denny Darlis, S.T., M.T.², Dr.Rizki Ardianto P, ST . MT.³

^{1,2}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom, ³Prodi S1 Teknik Elektro, Universitas Telkom
pelitasanti@student.telkomuniversity.ac.id, denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id, rizkia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Indoor Positioning System menggunakan perangkat mobile seperti smartphone menjadi permasalahan yang menantang, seperti GPS yang tidak bekerja secara akurat di dalam gedung, ruang tertutup dan ruang yang ada dibawah permukaan tanah salah satunya gudang, apalagi sinyal WIFI yang terkadang tidak tersebar secara merata ke seluruh ruangan. GPS memiliki tingkat akurasi dalam meter, dengan tingkat akurasi tersebut tidak cocok untuk diimplementasikan untuk didalam ruangan termasuk untuk pergudangan.

Dikarenakan sistem GPS tidak dapat diandalkan untuk sistem penentuan posisi maka, pada Proyek Akhir ini akan dilakukan implementasi sistem penentuan posisi menggunakan visible light communication pada gudang untuk membuat menjadi smart warehouse. Integrasi antara VLC dengan sistem lokalisasi bisa menjadi solusi berkenaan dengan keterbatasan internet dalam menjangkau suatu area. Pemetaan lokasi seperti pada ruang-ruang bawah tanah, gedung bertingkat dan wilayah yang luas dapat diatasi dengan sistem indoor localization. Pada Proyek Akhir ini, sisi pengirim terdiri dari empat buah lampu LED yang akan menjadi sistem VLC yang diletakkan seperti koordinat kartesius dan setiap lampu memiliki LED ID/ koordinat yang berbeda-beda. Sedangkan pada sisi penerima, terdiri dari suatu purwarupa robot mobil yang dipasang 5 photodetector yang diletakkan disisi atas, bawah, kanan, kiri pada robot mobil. Purwarupa robot mobil akan mengetahui posisi dan akan membaca karakter yang dikirim transmitter, dan purwarupa robot mobil akan bergerak sesuai perintah yang diharapkan tingkat akurasi dari sistem penentuan posisi bisa tingkat centimeter.

Hasil dari perancangan alat ini dapat membuktikan bahwa dengan sistem penentuan posisi menggunakan VLC persentase ketidaktepatan posisi yang paling bagus adalah 0.41% dan yang persentase ketidaktepatan posisi paling jelek adalah 8.14%. Nilai minimum lux saat photodetector membaca data dengan sesuai yaitu 16 lux.

Kata kunci: Sistem Penentuan Posisi, VLC, LED, LED ID/Koordinat, TSL251r, Purwarupa Robot Mobil, Smart Warehouse

Abstract

The Indoor Positioning System using mobile devices such as smartphones is a challenging issue, such as GPS that does not work accurately inside buildings, enclosed spaces and under ground spaces, one of them warehouse especially WIFI signal that sometimes does not spread evenly throughout the room. GPS has an accuracy in meters, with an accuracy that is not suitable to be implemented in including warehousing.

Because of the GPS system is not reliable for positioning system then, in this Final Project will be implementation of positioning system using visible light communication on warehouse to make become smart warehouse. Integration between VLC and localization system can be a solution with regard to internet limitations in reaching an area. Mapping locations such as underground rooms, high rise buildings and large areas can be overcome by indoor localization system. In this Final Project, the sending side consists of four LED lights which will be a VLC system that works like cartesian coordinates and each lamp has a different LED ID or coordinates. Whereas on the receiving side, it consists of a prototype robot car mounted on 5 photodetector which are placed on the top, bottom, right, left the side of the car robot. The prototype robot car will know the position and will read the message sent by the transmitter, and the robot car will move according to the desired command.

The results of the design of this tool can prove that with a positioning system using the best VLC percentage inaccuracy of position is 0.41% and the worst percentage of inaccuracy is 8.14%. The minimum value of lux when the photodetector reads the data is 16 lux.

Keywords: Positioning System, VLC, LED, ID / Coordinate LED, TSL251r, Robot Car Prototype, Smart Warehouse

1. Pendahuluan

Kebutuhan informasi dengan kualitas nilai yang tepat menjadi suatu hal yang penting pada zaman ini. Teknologi jaringan nirkabel yang mudah tersambung dengan jaringan dimanapun pengguna berada menjadi teknologi pilihan dan sangat berkembang pesat saat ini. Aplikasi teknologi nirkabel tidak lagi terbatas pada komunikasi data, dimana pengirim dan penerima bertukar informasi dalam jarak yang jauh. Namun sudah mulai merambah ke teknologi VLC Visible Light Communication (VLC), salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang menggunakan cahaya tampak untuk memodulasi informasi. Visible Light Communication dapat dilakukan dengan menggunakan LED sebagai transmitter dan photo-detector (PD) berupa sel surya, photodiode, atau phototransistor sebagai receiver. Penggunaan LED saat ini hanya digunakan untuk penerangan ruangan, tak terkecuali gudang yang menggunakan LED sebagai penerangan ruangan. Aktivitas di dalam gudang banyak yang berkaitan dengan penentuan letak atau lokasi suatu barang, sehingga membutuhkan teknologi navigasi. Penggunaan navigasi menggunakan Global Positioning System (GPS) tidak bekerja secara akurat di dalam gedung, ruang tertutup dan ruang yang ada dibawah permukaan tanah salah satunya gudang, karena GPS menggunakan sinyal yang berasal dari beberapa satelit dan sinyal tersebut tidak dapat menembus benda padat untuk sampai ke dalam ruangan termasuk gudang industri[8]. LED yang digunakan sebagai penerangan ruangnya dapat dirancang untuk penggunaan Visible Light Communication yang dapat menentukan suatu koordinat lokasi atau navigasi di dalam ruangan [7].

Terdapat beberapa penelitian yang telah dipublikasikan di bidang Visible light communication seperti implementasi Visible Light Communication Untuk Pengiriman Teks[2], Perancangan dan Analisis Pengiriman Data Digital Pada VLC Dengan Interferensi Cahaya[6], Perancangan dan Implementasi Pengiriman Data Digital Berbasis VLC Dengan LED dan Phototransistor Array[9], Perancangan dan Analisis Pengiriman Data Digital Berbasis Visible Light Communication[5], tetapi penelitian-penelitian tersebut tidak menggunakan sistem navigasi, hanya berdasarkan pada pengiriman teks menggunakan sistem VLC. Sistem penentuan posisi menggunakan Visible Light Communication dapat diimplementasikan menggunakan pengiriman teks yaitu dengan cara menambahkan karakter yang berupa ID lampu pada setiap lampu.

Dalam penelitian proyek akhir ini dilakukan perancangan sistem navigasi ruangan dengan menerapkan teknologi Visible Light Communication dan mengimplementasikannya pada purwarupa robot mobil. Robot mobil akan mengetahui posisi koordinat keberadaan robot tersebut. Adapun tujuan dari penelitian proyek akhir ini, adalah sebagai berikut: (a) Merancang purwarupa robot mobil yang dapat mengetahui posisi koordinat keberadaan robot mobil tersebut.; (b) Mengimplementasikan sistem Visible Light Communication sebagai navigasi pada ruangan.

2. Dasar Teori

2.1 VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC)

Visible Light Communication (VLC) adalah media komunikasi data yang menggunakan cahaya tampak antara 400 THz (375nm) sampai 800 THz (780 nm). Teknologi ini memanfaatkan sumber cahaya yaitu LED sebagai transmitter, cahaya sebagai media transmisi, dan photodetector sebagai receiver. Standarisasinya pada IEEE 802.15.7. Cahaya tampak tidak berbahaya bagi penglihatan. Teknologi ini menggunakan lampu neon untuk mengirimkan sinyal pada 10 kbit/s, atau LED untuk 500 Mbit/s. Transmisi data rate rendah di 1 kilometer (0,6 mil) dan 2 kilometer (1,2 mil) yang ditunjukkan [2].

2.2 Pengantar Tentang Indoor Positioning

Indoor Positioning adalah area penelitian yang mendapatkan banyak perhatian baru-baru ini. Aplikasinya mencakup area yang luas di mana teknologi dapat dimasukkan ke dalam produk elektronik konsumen. Contohnya, dalam hal akses dalam rumah, teknologi penempatan dalam ruangan dapat dimanfaatkan oleh produk genggam untuk memberikan identifikasi lokasi, dan dengan demikian memandu pengguna di dalam museum besar dan pusat perbelanjaan. Aplikasi lain yang potensial adalah deteksi lokasi produk di dalam gudang besar di mana posisi dalam ruangan dapat mengotomatiskan beberapa proses manajemen inventaris. Teknik penentuan posisi dalam ruangan, jika dipasang dalam produk elektronik konsumen, juga dapat digunakan untuk menyediakan layanan berbasis lokasi dan iklan kepada pengguna[4].

Ada berbagai algoritma pemosisian yang telah digunakan dalam literatur dan dapat dibagi secara luas menjadi tiga kategori: triangulasi, analisis adegan, dan kedekatan, terlepas dari sumber cahaya. Triangulasi adalah nama umum teknik pemosisian yang menggunakan sifat geometris segitiga untuk estimasi lokasi, dan terdiri dari dua cabang. Triangulasi adalah proses mencari koordinat dan jarak suatu titik dengan mengukur sudut antara titik tersebut dan dua titik referensi lainnya yang sudah diketahui posisi dan jarak antara keduanya[10].

2.3 LIGHT EMMITING DIODE (LED)

Light Emitting Diode (LED) adalah dioda yang bisa memancarkan cahaya. LED termasuk jenis dioda dan mempunyai dua kaki yang disebut anoda dan katoda. LED memancarkan cahaya dikarenakan terjadi pelepasan foton saat proses pertemuan semikonduktor P dan semikonduktor N. Warna cahaya LED bergantung pada material semikonduktor yang digunakan. LED memiliki simbol yang mirip dengan dioda namun dengan tambahan tanda panah keluar sebagai simbol memancarkan cahaya. Pemasangan LED tidak boleh terbalik dikarenakan memiliki 2 kaki yang berbeda. Kaki anoda harus mendapat tegangan positif (+) dan kaki katoda harus mendapat tegangan negatifnya (-)[2].

2.4 Komunikasi Serial

Komunikasi data serial dikerjakan oleh UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). IC UART dibuat khusus untuk mengubah data parallel menjadi data serial dan menerima data serial yang kemudian dirubah lagi menjadi data parallel. Receiver harus sinkron. Untuk itu diperlukan”. Ketika saluran transmisi dalam keadaan idle, output UART adalah dalam keadaan logika “1”. Sebagai contoh misalnya akan dikirimkan data huruf “A” dalam format ASCII (atau sama dengan 41 heksa atau 01000001[5].

2.5 Kode ASCII

American Standard Code for Information Interchange atau ASCII adalah standar internasional dalam pengkodean huruf dan symbol. Kode ASCII digunakan oleh komputer dan alat komunikasi lainnya untuk menunjukkan teks. Kode ASCII terdiri dari bilangan biner sebanyak 8 bit (0000 0000 sampai 1111 1111). Dalam bahasa komputer menggunakan angka 0 dan 1 untuk mewakili huruf dan karakter yang bukan angka. ASCII memiliki jumlah keseluruhan kode sebanyak 255. Kode ASCII 0-127 merupakan kode untuk teks, sedangkan kode ASCII 128-255 merupakan kode untuk grafik[1].

2.6 Sensor Optik Light to Voltage

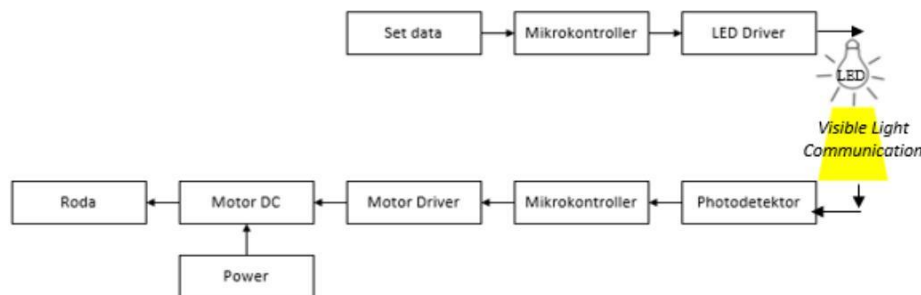
Photodetector yang digunakan sebagai receiver di purwarupa robot mobil menggunakan sensor Light to Voltage. Photodetector adalah komponen yang dapat mendeteksi cahaya, dan dapat mengubah besaran intensitas cahaya menjadi besaran listrik. Sensor Light to Voltage merupakan sensor yang mengubah cahaya menjadi tegangan. Sensor ini menggabungkan photodiode dan penguat transimpedansi untuk memberikan output tegangan yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya pada photodiode. Output tegangan dapat dihubungkan langsung ke ADC untuk pemrosesan digital, komparator untuk mendeteksi threshold, atau rangkaian analog lainnya untuk pemrosesan lebih lanjut. Sensor ini dapat mengukur cahaya, penyerapan cahaya atau refleksi, maupun untuk menerima data infrared.

2.7 Analog Input Pada Arduino

Pin analog pada Arduino dapat digunakan untuk input dan output digital. Hanya saja pin analog memiliki fitur untuk dapat mengubah sinyal analog yang masuk menjadi nilai digital yang mudah diukur. Pin digital hanya dapat mengenali sinyal 0 volt sebagai nilai LOW dan 5 volt sebagai nilai HIGH. Sedangkan Pin analog dapat mengenali sinyal pada rentang nilai voltase tersebut. Pin analog terhubung dengan converter pada mikrokontroler yang dikenal dengan istilah analog-to-digital converter (disingkat ADC atau A/D)[3].

3. Perancangan Dan Implementasi Sistem

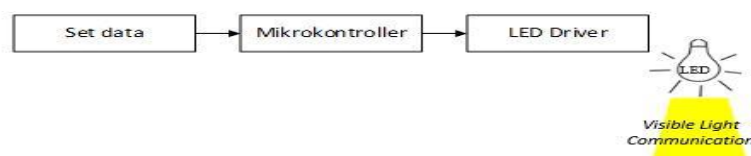
3.1 Gambaran Umum Sistem



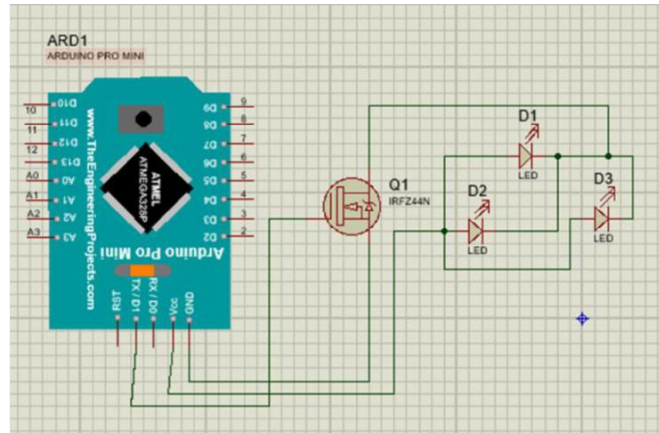
Gambar 1 Blok Diagram Keseluruhan

Berdasarkan Gambar 1 diatas terdapat dua bagian perancangan yaitu bagian transmitter lampu LED dan receiver di purwarupa robot mobil. Prinsip kerja dari sistem ini adalah mikrokontroler mengolah karakter yang sudah diprogram ke dalam mikrokontroler dalam bentuk biner, dan data tersebut ditumpangkan ke cahaya yang berasal dari lampu LED. Cahaya yang diterima kemudian diubah oleh photodetector menjadi sinyal tegangan. Cahaya yang telah diubah menjadi arus oleh photodetector kemudian dikuatkan menggunakan transimpedance amplifier (TIA) untuk mengubah arus menjadi tegangan. Kemudian sinyal tegangan yang dihasilkan oleh mikrokontroler akan menerjemahkan data yang diterima, karakter yang telah di dapat akan disesuaikan oleh perintah yang telah di program ke mikrokontroler sehingga akan menggerakkan motor dc yang dikontrol oleh motor driver yang menyebabkan robot mobil bergerak.

3.2 Perancangan Sistem Hardware pada Transmitter



Gambar 2 Blok Diagram Transmitter



Gambar 3 Skematik Transmitter pada Lampu Penerangan

Pada sisi trasmitter menggunakan lampu LED High Powe LED 3W sebanyak tiga buah yang disusun secara paralel. Cahaya LED yang dipancarkan oleh LED akan sebagai media transmisi untuk mengirimkan data ke receiver. Penulis menggunakan rumah lampu sebagai tempat untuk menempatkan rangkaian. Arduino Pro Mini mendapatkan catu dari Charger Adapter USB Universal 1A karena keluaran volt sebesar 4.5v yang kemudian dihubungkan ke kabel AC di rumah lampu sehingga arduino mendapat catuan. Kabel positif dari adaptor dihubungkan ke VCC Arduino Pro Mini sedangkan kabel negatif dihubungkan ke kaki source pada mosfet, kaki gate mosfet dihubungkan ke pin TX pada Arduino Pro Mini, dan kabel negatif LED dihubungkan ke kaki drain mosfet, sedangkan kabel positif LED terhubung ke pin VCC pada Arduino Pro mini. Mosfet yang digunakan pada Proyek Akhir ini yaitu Mosfet IRFZ44N. Penulis memilih menggunakan mosfet IRFZ44N dikarenakan tidak mudah panas.

3.2.1 Spesifikasi Arduino Promini

Chip mikrokontroler	ATMEGA328P
Tegangan Operasi	5 Volt
Digital I/O Pin	14 pin, 6 diantaranya Pin PWM
Analog Input Pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	40 mA
Memori Flash	32 KB; 0,5 KB telah digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Dimensi	33 mm x 18 mm
Berat	5 Gram

Tabel 1 Spesifikasi Mikrokontroler

3.2.2 Spesifikasi LED

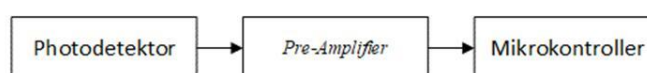
LED yang digunakan sebagai transmitter adalah High Power LED Bright dengan spesifikasi sebagai berikut.



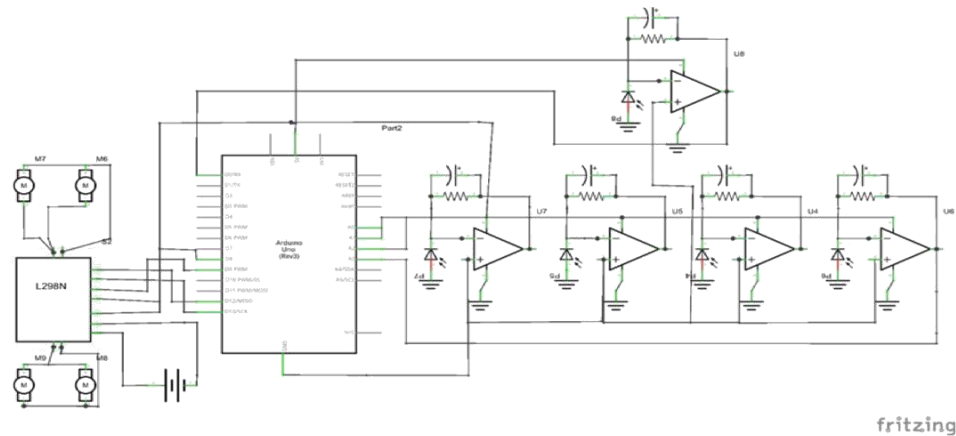
Gambar 4 High Power LED

Daya = 3 Watt
Tegangan = 3,3 - 3,5 Volt
Arus = 700 mA (real 500 mA - 600 mA)

3.3 Perancangan Sistem Hardware pada Receiver



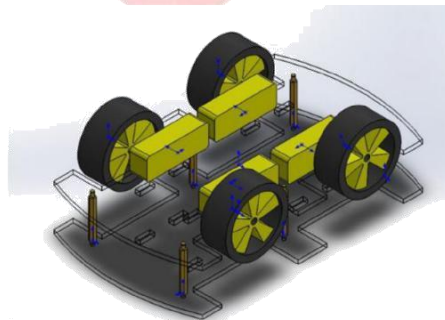
Gambar 5 Blok Diagram Receiver



Gambar 6 Rangkaian Receiver

Pada rangkaian receiver, digunakan lima buah photodetector yang terpasang di purwarupa robot mobil, empat buah photodetector yang terletak di sisi atas, bawah, kanan, dan kiri purwarupa robot mobil digunakan sebagai pembacaan nilai ADC yang digunakan untuk sebagai penentuan koordinat, sedangkan satu buah photodetector yang terletak di sisi tengah atas robot mobil digunakan sebagai pembacaan karakter posisi ID dari lampu yang mengirimkan data yang di transmisikan melalui cahaya yang dikuatkan menggunakan transimpedance amplifier (TIA) yang sudah terintegrasi di dalam photodetector. Dua buah Photodetector yang berada di sisi kanan dan kiri purwarupa robot mobil digunakan untuk membaca nilai ADC yang akan digunakan untuk membuat koordinat X dan dua buah photodetector di sisi atas dan bawah robot mobil digunakan untuk mencari nilai ADC yang akan digunakan untuk membuat koordinat Y.

3.3.1 Purwarupa Robot Mobil



Gambar 7 Purwarupa Robot Mobil

Mekanik purwarupa robot ini terbuat dari bahan akrilik yang dibuat menjadi dua bagian, yaitu bagian bawah dan bagian atas dengan panjang 25,5 cm dan lebar 17 cm dan tinggi 5.5 cm untuk setiap chassis. Pada bagian bawah mobil robot terdapat empat buah motor dc yang terhubung dengan roda dengan diameter masing masing roda 66 mm. Pada setiap motor dc dilengkapi dengan sensor Optical Encoder sebagai pendeteksi kecepatan putar motor dc.

3.3.2 Sensor Optik Light to Voltage

Jenis photodetector yang dipilih adalah sensor TSL250R yang didalamnya sudah dilengkapi dengan photodiode dan trans-impedance amplifire. Sensor TSL250R bekerja dengan menangkap cahaya yang masuk dan mengubahnya menjadi tegangan listrik.

Sensor <i>light to voltage</i>	TSL250R
Panjang gelombang	400nm - 700nm
Tegangan <i>supply</i>	2.7V - 5.5V
Arus keluaran	$\pm 10\text{mA}$

Tabel 2 Spesifikasi TSL 250R

3.3.3 Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega328p
Tegangan Operasi	5V
Tegangan input	7-12V

Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin analog	6
Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
Clock Speed	16 MHz

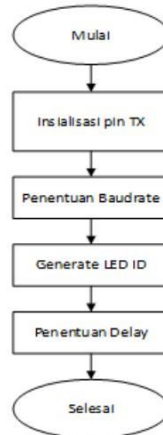
Tabel 3 Spesifikasi Mikrokontroler

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan adalah arduino software (IDE). Dengan menggunakan arduino software (IDE), arduino dapat melakukan pemrograman untuk fungsi yang terdapat didalamnya melalui sintaks pemrograman. Berikut ini adalah diagram alir untuk perancangan perangkat lunak.

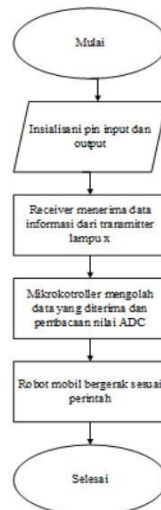
3.4.1 Perancangan Perangkat Lunak Transmitter

Flowchart sistem software pada sisi transmitter dimulai ini TX setelah itu penentuan baudrate. Baudrate mengindikasikan seberapa cepat data dikirim melalui komunikasi serial, pada proyek akhir ini penulis memilih 9600 bps, kemudian dilanjutkan dengan men-generate setiap LED yang berupa ID setiap lampu, pada proyek akhir ini terdapat empat buah lampu dan masing-masing lampu memiliki ID berupa angka 1,2,3,dan 4 setelah menambahkan ID di setiap lampu dilanjutkan dengan penentuan delay, penentuan delay berdasarkan dari kedipan cahaya lampu led, dipilih delay yang sesuai agar cahaya lampu led tidak terlihat berkedip



Gambar 8 Diagram alir transmitter

3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak Receiver



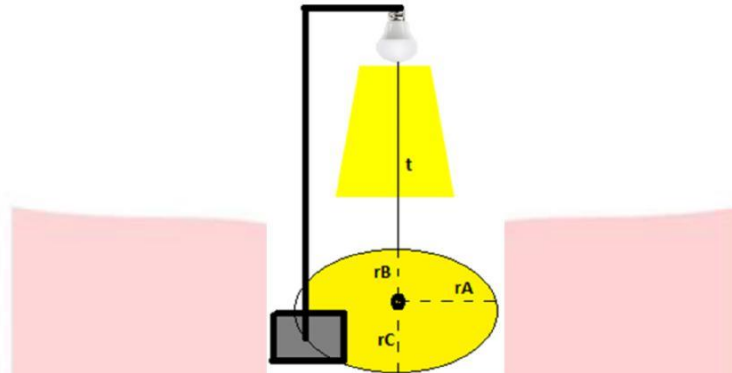
Gambar 9 Diagram alir Receiver

Flowchart sistem software pada sisi receiver dimulai dari penentuan pin input dan output setelah itu photodetector akan memaca data yang dikirimkan oleh transmitter, mikrokontroler akan mengolah data yang telah diterima oleh photodetector, mikrokontroler akan mengolah data yang diterima dan juga membaca nilai ADC yang dipancarkan oleh transmitter. Setelah mikrokontroler sudah mengolah data yang diterima, maka robot mobil akan bergerak sesuai perintah

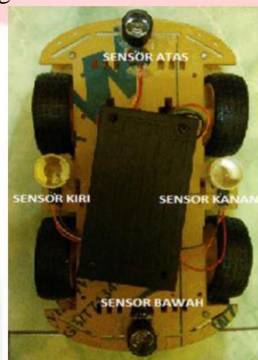
3.5 Skenario Pengujian

3.5.1 Pengujian Jarak Jangkauan Dan Nilai Lux Saat Photodetector Menerima Data

Pengujian dilakukan di ruangan dengan intensitas cahaya ruangan 1 lux. Pada Gambar 10 variabel r_A , r_B dan r_C , adalah jarak dari Line of Sight antara transmitter dengan photodetector dan variabel t adalah tinggi antara transmitter dengan photodetector. Purwarupa robot mobil diletakkan tepat di bawah lampu kemudian lampu akan dinaikkan setiap 2 cm, kayu tiang sudah di tandai setiap 2 cm sehingga lebih mempermudah untuk menyesuaikan posisi lampu dan pengujian menggunakan satu buah photodetector dan lensa focus pada photodetector dan disisi samping photodetector di letakkan lux meter. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur tinggi maksimal dan nilai lux ketika photodetector menerima karakter yang dikirim oleh transmitter dengan sesuai. Purwarupa robot mobil akan di pindahkan setiap 1 cm titik tengah lampu seperti pada Gambar 10 dan diletakkan juga lux meter agar dapat melihat jarak jari-jari maksimal dan nilai lux ketika photodetector menerima data yang sesuai dengan yang dikirimkan oleh transmitter.



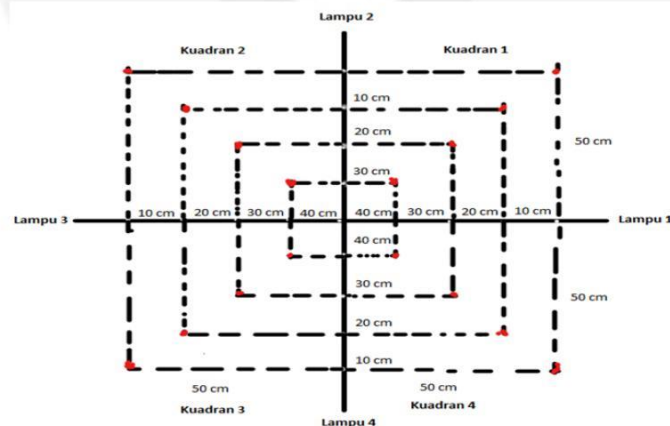
Gambar 10 Pengujian Jarak Jangkauan Dan Nilai Lux Saat Photodetector Menerima Data



Gambar 11 Peletakan Photodetector Pada Sisi-Sisi Purwarupa Robot Mobil

3.5.2 Pengujian Posisi Koordinat Robot Mobil

Pengujian menggunakan empat buah lampu yang di letakkan seperti pada gambar 3.22, Lampu 3 dan lampu 1 berjarak 1 meter yang mengidentifikasi sebagai X dan lampu 4 dan lampu 2 berjarak 1 meter yang mengidentifikasi sebagai Y, dan robot mobil akan diletakkan secara acak. Koordinat yang digunakan untuk proyek akhir ini seperti pada gambar 3. Koordinat robot mobil yang akan dihitung adalah koordinat yang sudah diberi titik berwarna merah.



Gambar 12 Koordinat Penentuan Posisi

4. KELUARAN DAN ANALISIS

4.1 Hasil Pengujian Nilai Lux Pada Jangkauan Saat Photodetector Menerima Data Dengan Sesuai

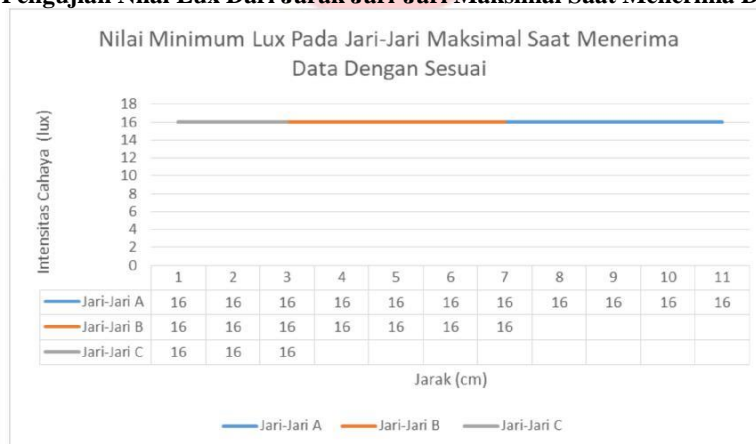
4.1.1 Hasil Pengujian Nilai Lux Pada Ketinggian Yang Berbeda-Beda



Gambar 13 Nilai Lux Pada Ketinggian Yang Berbeda-Beda

Pada Gambar 13 pengujian dilakukan dengan mengubah ketinggian transmitter yang berupa LED dari photodetector dan penggunaan alat pengukur luxmeter. Dengan menggunakan lampu LED yang telah dirancang dapat dilihat bahwa semakin jauh dengan lampu maka cahaya yang diterima juga semakin sedikit, begitupula semakin jauh dengan lampu maka photodetector data yang diterima tidak sesuai. Dari hasil pengujian nilai lux minimum ketika photodetector menerima data dengan sesuai yaitu 16 lux pada ketinggian 120 cm.

4.1.2 Hasil Pengujian Nilai Lux Dari Jarak Jari-Jari Maksimal Saat Menerima Data Dengan Sesuai



Gambar 14 Nilai Minimum Lux Pada Jari-Jari Maksimal Saat Menerima Data Dengan Sesuai

Pada Gambar 14 pengujian dilakukan dengan mengubah jarak jari-jari A,B dan C seperti Gambar 4.1 hasil pengujian menunjukkan jarak jari-jari A,B, dan C berbeda-beda dengan jarak paling kecil pada jari-jari C tapi dilihat dari nilai lux menunjukkan nilai minimum lux pada saat photodetector mampu menerima data dengan sesuai yaitu 16 lux.

4.1.3 Analisis Pengujian

Hasil pengujian nilai minimum lux pada saat photodetector menerima data sesuai dengan yang dikirimkan transmitter menunjukkan nilai 16 lux. Semakin jauh dengan lampu maka cahaya yang diterima juga semakin sedikit tetapi dilihat dari jarak jari-jari A,B,C memiliki jarak yang berbeda-beda tetapi nilai lux yang didapat bernilai sama yaitu 16 lux. Hasil pengujian menunjukkan nilai minimum lux yang sebagai acuan seberapa jauh photodetector dapat membaca data dengan sesuai yang dikirimkan oleh transmitter.

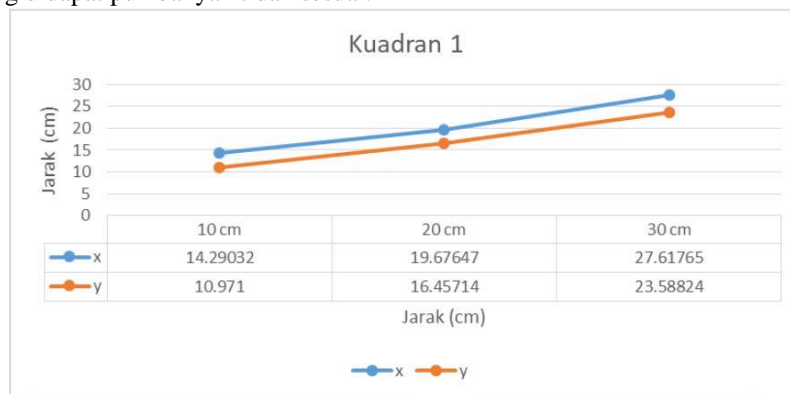
4.2 Hasil Pengujian Posisi Koordinat Robot Mobil

Setelah dilakukan pengujian, berikut ini adalah table data koordinat yang di dapat dari kuadran 1, kuadran 2, kuadran 3, dan kuadran 4.

4.2.1 Koordinat Pada Kuadran 1

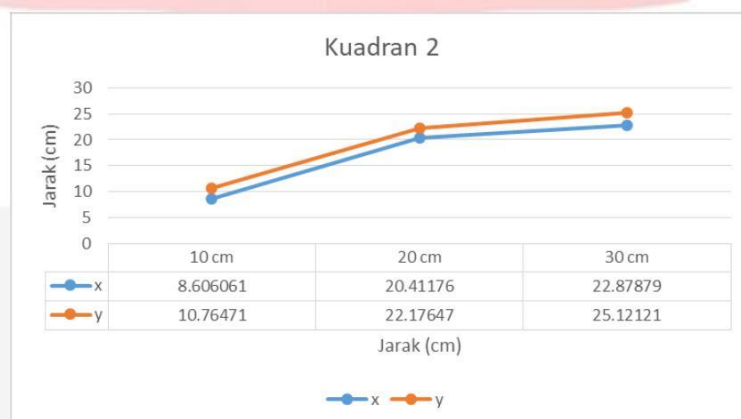
Pada grafik Gambar 15, pada saat robot mobil berada di titik ($x=10$ cm, $y=10$ cm) , pada saat pengujian , rata-rata koordinat yang di dapat ($x=14,2$ cm , $y=10,97$ cm) , ketidaktepatan koord inat pada saat di titik ($x=10$ cm, $y=10$ cm) menunjukkan nilai x 4.29% tidak tetap sesuai dengan yang diharapkan sedangkan nilai y ketidaktepatan hanya 0.91 % . pada saat robot mobil berada di titik ($x=20$ cm, $y=20$ cm) , pada saat pengujian , rata-rata kooordinat

yang di dapat ($x=19.67$ cm , $y=16,45$ cm) ketidaktepatan koordinat pada saat di titik ($x=20$ cm , $y=20$ cm) menunjukkan nilai x 0.33% tidak sesuia dan nilai y 3.55% tidak sesuai dengan yang di diharapkan. Sedangkan pada saat robot mobil berada di titik ($x=30$ cm , $y=30$ cm) , pada saat pengujian rata-rata koordinat yang di dapat ($x= 27,61$ cm , $y=23,58$ cm). Ketidak tepatan posisi koorndinat pada saat di titik ($x=30$ cm , $y=30$ cm) ,menunjukkan nilai x 2.39% tidak sesuai dan nilai y 6.42% tidak sesuai dengan yang diharapkan. Pada saat robot mobil berada di titik ($x=30$ cm , $y=30$ cm) nilai y menunjukkan ketidak tepatan yang besar di karenakan adanya gangguan cahaya dari 3 lampu yang lain sehingga data yang didapat pun banyak tidak sesuai.



Gambar 15 Grafik Rata-Rata Koordinat di Kuadran 1

4.2.2 Koordinat Pada Kuadran 2

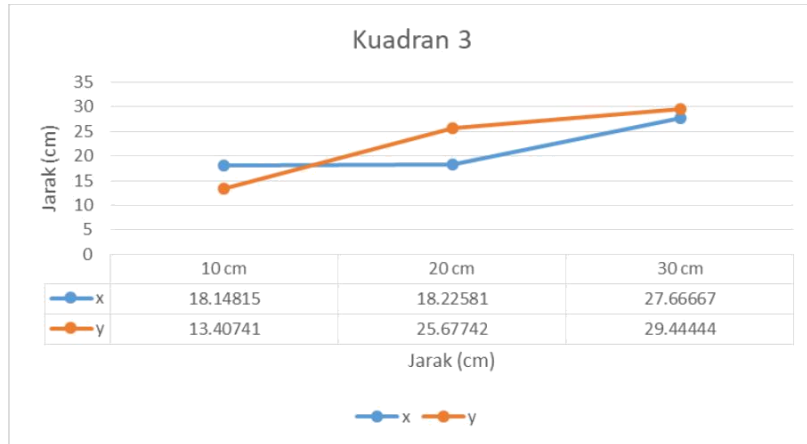


Gambar 16 Grafik Rata-Rata Koordinat di Kuadran 2

Pada grafik Gambar 16, pada saat robot mobil berada di titik ($x=10$ cm , $y=10$ cm) , pada saat pengujian , rata-rata koordinat yang di dapat ($x=8.6$ cm , $y=10.76$ cm) , ketidaktepatan koordinat pada saat di titik ($x=10$ cm , $y=10$ cm) menunjukkan nilai x 1.4% tidak tetap sesuai dengan yang diharapkan sedangkan nilai y ketidaktepatan hanya 0.76% . pada saat robot mobil berada di titik ($x=20$ cm , $y=20$ cm) , pada saat pengujian, rata-rata kooordinat yang di dapat ($x=20.41$ cm , $y=22.17$ cm) ketidaktepatan koordinat pada saat di titik ($x=20$ cm , $y=20$ cm) menunjukkan nilai x 0.41% tidak sesuia dan nilai y 2.17% tidak sesuai dengan yang di diharapkan. Sedangkan pada saat robot mobil berada di titik ($x=30$ cm , $y=30$ cm) , pada saat pengujian rata-rata koordinat yang di dapat ($x= 22.87$ cm , $y=25.12$ cm). Ketidak tepatan posisi koorndinat pada saat di titik ($x=30$ cm , $y=30$ cm) ,menunjukkan nilai x 7.13% tidak sesuai dan nilai y 4.88% tidak sesuai dengan yang diharapkan. Pada saat robot mobil berada di titik ($x=30$ cm , $y=30$ cm) nilai x dan y menunjukkan ketidak tepatan yang besar di karenakan adanya gangguan cahaya dari 3 lampu yang lain sehingga data yang didapat pun banyak tidak sesuai.

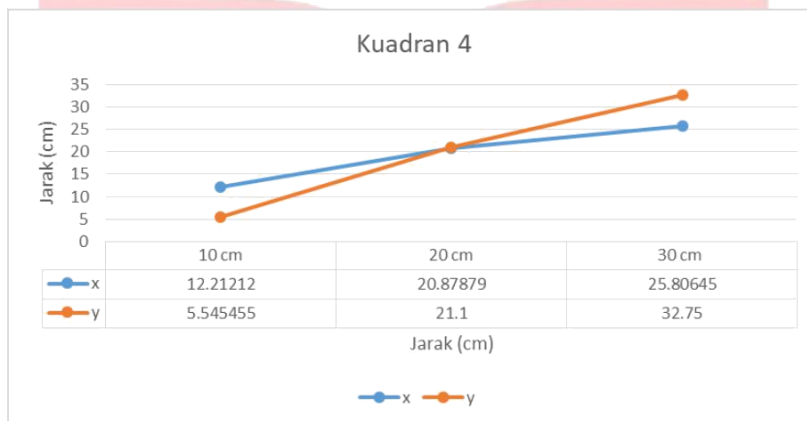
4.2.3 Koordinat Pada Kuadran 3

Pada grafik Gambar 17, pada saat robot mobil berada di titik ($x=10$ cm , $y=10$ cm) , pada saat pengujian , rata-rata koordinat yang di dapat ($x=18.14$ cm , $y=13.4$ cm) , ketidaktepatan koordinat pada saat di titik ($x=10$ cm , $y=10$ cm) menunjukkan nilai x 8.14% tidak tetap sesuai dengan yang diharapkan sedangkan nilai y ketidaktepatan hanya 3.4%. pada saat robot mobil berada di titik ($x=20$ cm , $y=20$ cm) , pada saat pengujian, rata-rata kooordinat yang di dapat ($x=18.22$ cm , $y=25.67$ cm) ketidaktepatan koordinat pada saat di titik ($x=20$ cm , $y=20$ cm) menunjukkan nilai x 1.78% tidak sesuai dan nilai y 5.67% tidak sesuai dengan yang di diharapkan. Sedangkan pada saat robot mobil berada di titik ($x=30$ cm , $y=30$ cm) , pada saat pengujian rata-rata koordinat yang di dapat ($x= 27.66$ cm , $y=29.44$ cm). Ketidak tepatan posisi koorndinat pada saat di titik ($x=30$ cm , $y=30$ cm) ,menunjukkan nilai x 2.34% tidak sesuai dan nilai y 0.56% tidak sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 17 Grafik Rata-Rata Koordinat di Kuadran 3

4.2.4 Koordinat Pada Kuadran 4



Gambar 18 Grafik Rata-Rata Koordinat di Kuadran 4

Seperti pada grafik Gambar 18, pada saat robot mobil berada di titik ($x=10$ cm, $y=10$ cm), pada saat pengujian, rata-rata koordinat yang di dapat ($x=12.21$ cm, $y=5.54$ cm), ketidaktepatan koordinat pada saat di titik ($x=10$ cm, $y=10$ cm) menunjukkan nilai x 2.21% tidak tetap sesuai dengan yang diharapkan sedangkan nilai y ketidaktepatan hanya 4.46. pada saat robot mobil berada di titik ($x=20$ cm, $y=20$ cm), pada saat pengujian, rata-rata koordinat yang di dapat ($x=20.87$ cm, $y=21.1$ cm) ketidaktepatan koordinat pada saat di titik ($x=20$ cm, $y=20$ cm) menunjukkan nilai x 0.87% tidak sesuai dan nilai y 1.1 % tidak sesuai dengan yang di harapkan. Sedangkan pada saat robot mobil berada di titik ($x=30$ cm, $y=30$ cm), pada saat pengujian rata-rata koordinat yang di dapat ($x=25.80$ cm, $y=32.75$ cm). Ketidaktepatan posisi koordinat pada saat di titik ($x=30$ cm, $y=30$ cm), menunjukkan nilai x 4.2% tidak sesuai dan nilai y 2.75% tidak sesuai dengan yang diharapkan.

4.2.5 Analisis Pengujian

Rata-Rata koordinat yang didapat pada saat pengujian pada di kuadran 1, kuadran 2, kuadran 3 dan kuadran 4 memiliki ketidaktepatan posisi berbeda-beda, dan yang paling tinggi ketidaktepatan posisi sampai 7 cm. Pemasangan lampu seperti pada gambar 3.14 yang membuat nilai koordinat posisi memiliki ketidak tepatan yang berbeda-beda dikarenakan penggunaan paalon dan semen sebagai wadah agar paralon mampu berdiri tegak, dikarenakan cahaya pada lampu akan menghasilkan pantulan sehingga ketika photodetector membaca nilai ADC nilai yang diterima pun akan tidak sesuai dengan yang di harapkan dan juga lingkaran cahaya yang diterima photodetector akan lebih sempit dikarenakan adanya penghalang tiang penggantung lampu. Jarak antara lampu pun sangat berpengaruh, pada saat pengujian antar lampu hanya berjarak 1 m membuat pada saat robot mobil berada di titik ($x=30$ cm, $y=30$ cm) akan mendapatkan nilai ADC yang tidak sesuai juga dikarenakan photodetector akan membaca juga nilai ADC dari lampu lain sehingga nilai yang didapat akan bentrok.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan, realisasi, dan pengujian hasil perancangan yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketepatan posisi dengan nilai ketepatan yang rendah terjadi pada nilai x saat berada di titik (20,20) dengan persentase kesalahan error posisi 0.41% dan persentase kesalahan error tertinggi pada saat robot mobil di titik (10,10) pada kuadran 3 kesalahan posisi mencapai 8.14%.
2. Nilai minimum lux saat photodetector membaca data yang sesuai dengan yang dikirimkan oleh transmitter yaitu 16 lux pada ketinggian 1.2 meter.
3. Jarak photodetector dapat membaca karakter data yang sesuai saat di jari-jari A sejauh 11 cm, jari-jari B sejauh 7 cm, dan jari-jari C sejauh 3 cm dengan masing-masing nilai lux adalah 16 lux.
4. Pada saat pembacaan posisi purwarupa robot mobil, photodetector yang lebih dekat dengan lampu yang akan menerima data dengan sesuai.

5.1 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk pengembangan selanjutnya:

1. Lampu LED yang dipasang di langit-langit ruangan seperti lampu pada umumnya. Agar posisi lampu LED menghadap lurus ke arah bawah, sehingga receiver dapat menerima data lebih baik lagi.
2. Jarak antar lampu lebih jauh lagi sehingga nilai ADC yang di dapat tidak berpengaruh dengan lampu lainnya.
3. Pemasangan saat memasukkan rangkaian transmitter lebih dirapikan kembali, agar cahaya yang dipancarkan sesuai dengan bentuk penutup rumah lampu
4. Menambahkan rangkaian penguat pada penerima di sisi robot mobil agar jarak receiver menerima data dapat lebih jauh.
5. Pemasangan lensa harus lebih disesuaikan agar mampu membaca lebih jauh lagi.

Daftar Pustaka

- [1] C. E. Mackenzie, "Coded Character Sets, History and Development," 1980
- [2] D. Darlis, H. Putri. D. H. Trihantoro, "Implementasi Visible Light Communication (VLC) Untuk Pengiriman Teks " 2014, Telkom University, Bandung.
- [3] D. Darlis. S. Aulia. D. Yulian, "Design And Implementation Visible Light Communication Devices As Video Transceiver," 2015, Telkom University, Bandung.
- [4] I. Sakib Chowdhury, M. Kavehrad, W. Zhang M., Asynchronous indoor positioning system based on visible light communications.
- [5] I. Wijayanto. S. Hadiyoso. N. Yudhabrama, "Perancangan Dan Analisis Pengiriman Data Digital Berbasis Visible Light Communication" p. 1, 2017, Telkom University, Bandung.
- [6] M. H. Kristiawan, "Perancangan Dan Analisis Pengiriman Data Digital Pada Vlc Dengan Interferensi Cahaya," 2018, Telkom University, Bandung.
- [7] R. A. Priramadhi. D. Darlis, P. Susamti, "Transceiver Di Robot Mobil Pada Sistem Navigasi VLC Di Pergudangan," 2018, Matec Web of Conferences, Bandung.
- [8] R. A. Priramadhi. D. Darlis. S. Afifah, "Transceiver Di Lampu Penerangan Pada Sistem Navigasi Pergudangan Berbasis VLC," 2018, Matec Web of Conferences, Bandung.
- [9] R. R. Nugroho, "Perancangan Dan Implementasi Pengiriman Data Digital Berbasis VLC Dengan Led Dan Phototransistor Array," 2018, Telkom University, Bandung.
- [10] S. Arnon, Visible Light Communication, Cambridge University Press 2015.